UNIVERSITE MOHAMMED V
Faculté des Sciences – Rabat
Labo de Physiologie et biotechnologie Végétale

Croissance de la cellule végétale

Année Universitaire 2013-2014
Pr. I. ZAIR

Plan

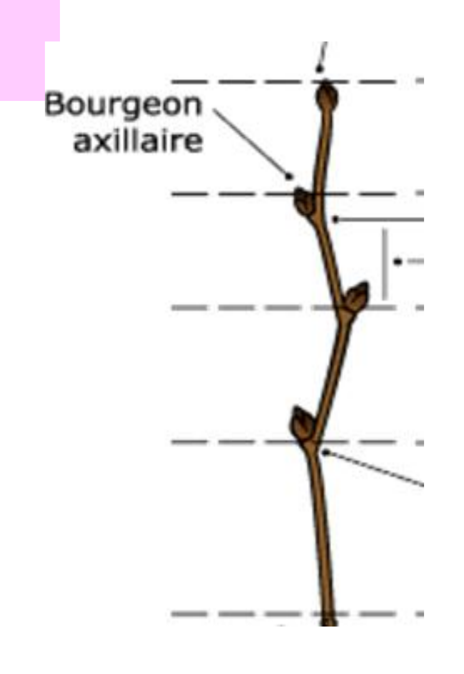
I - Croissance végétale

- Introduction
- 1- Croissance de la plante
- 2- Croissance au niveau cellulaire
  - 2-1- caractéristique de la cellule végétale
  - 2- 2- Grandissement ou élongation Cellulaire
  - 2- 3: Croissance de la paroi végétale

II - Auxine et croissance cellulaire

I - Croissance végétale

Introduction



Le développement des végétaux supérieurs est sigmoïde .

La croissance est toujours associée à un métabolisme actif.

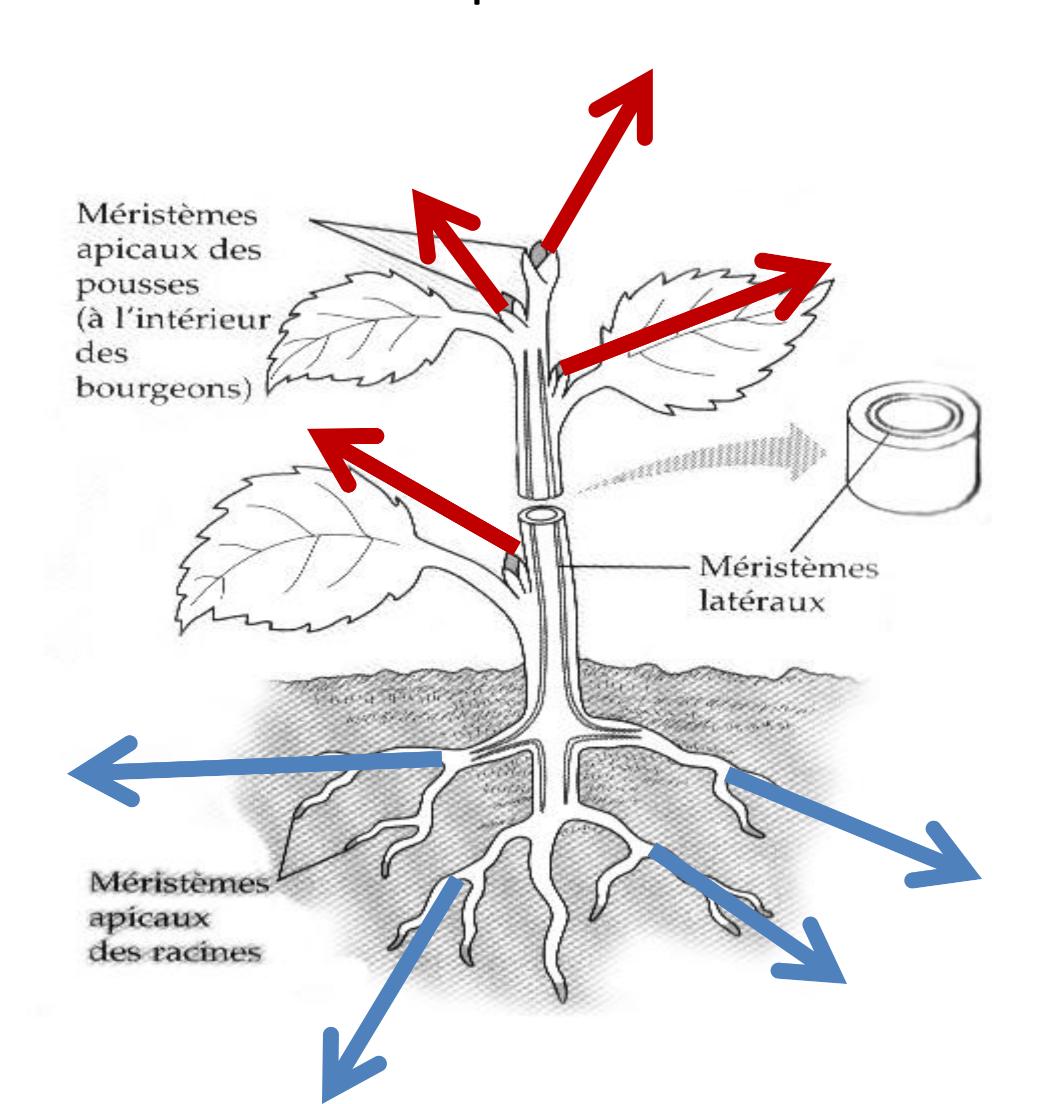
1- La croissance au niveau plante:

Ensemble de changements quantitatifs irréversibles qui peuvent se produire au cours de la vie d'une plante.

A savoir :

- la multiplication des cellules;
- le nombre de noeuds;
- l'allongement des EN et des racines ;
- la multiplication et la croissance des feuilles ;

Au niveau des apex caulinaires et racinaires , les cellules se divisent, s'allongent et assurent la croissance en longueur des tiges aériennes et souterraines respectivement

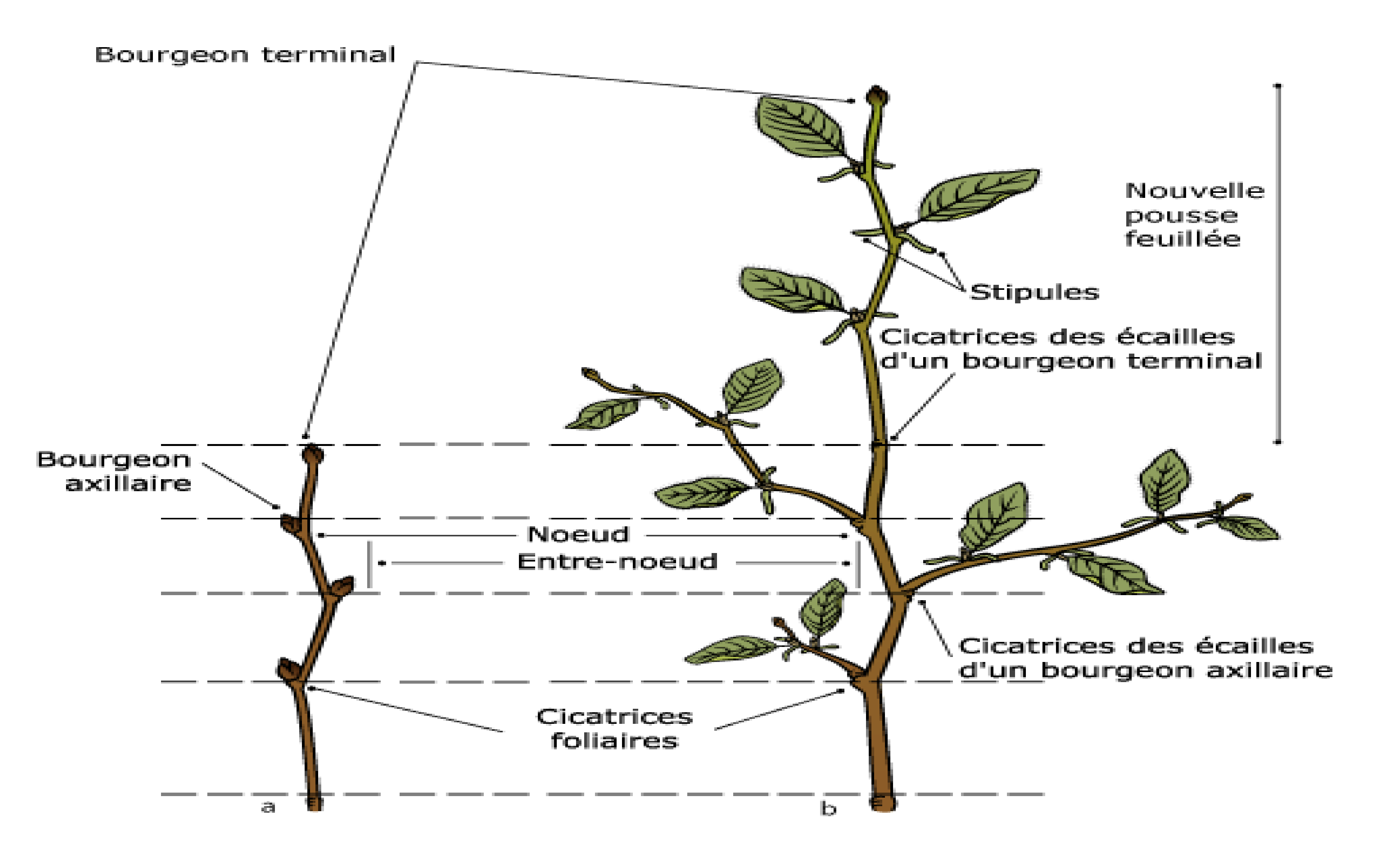


ɔeauxjardins.com/cours/botanique/8-Anatomie/tissus.htm

2 types de transformations ettroitement imbriquées:

- Changmts quantitatifs: augmnt de taille, nombre , volume
- Changmts qualitatifs: BV en BF, transformation des cellules d'un tissu pr en donner un autre.

Suite à l'activité des bourgeons (points végétatifs), la croissance aérienne se fait souvent du bas vers le haut, avec géotropisme négatif (en opposition à la pesanteur) et phototropisme positif (orientation vers la lumière).



http://www.flora-phyto.com/content/g%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s

La croissance est régulée par un apport continu en éléments nutritifs (substances trophiques élaborées et minéraux absorbés) mais surtout par des phytohormones; substances chimiques synthétisées à très faibles doses (en microgramme) par certaines cellules végétales.

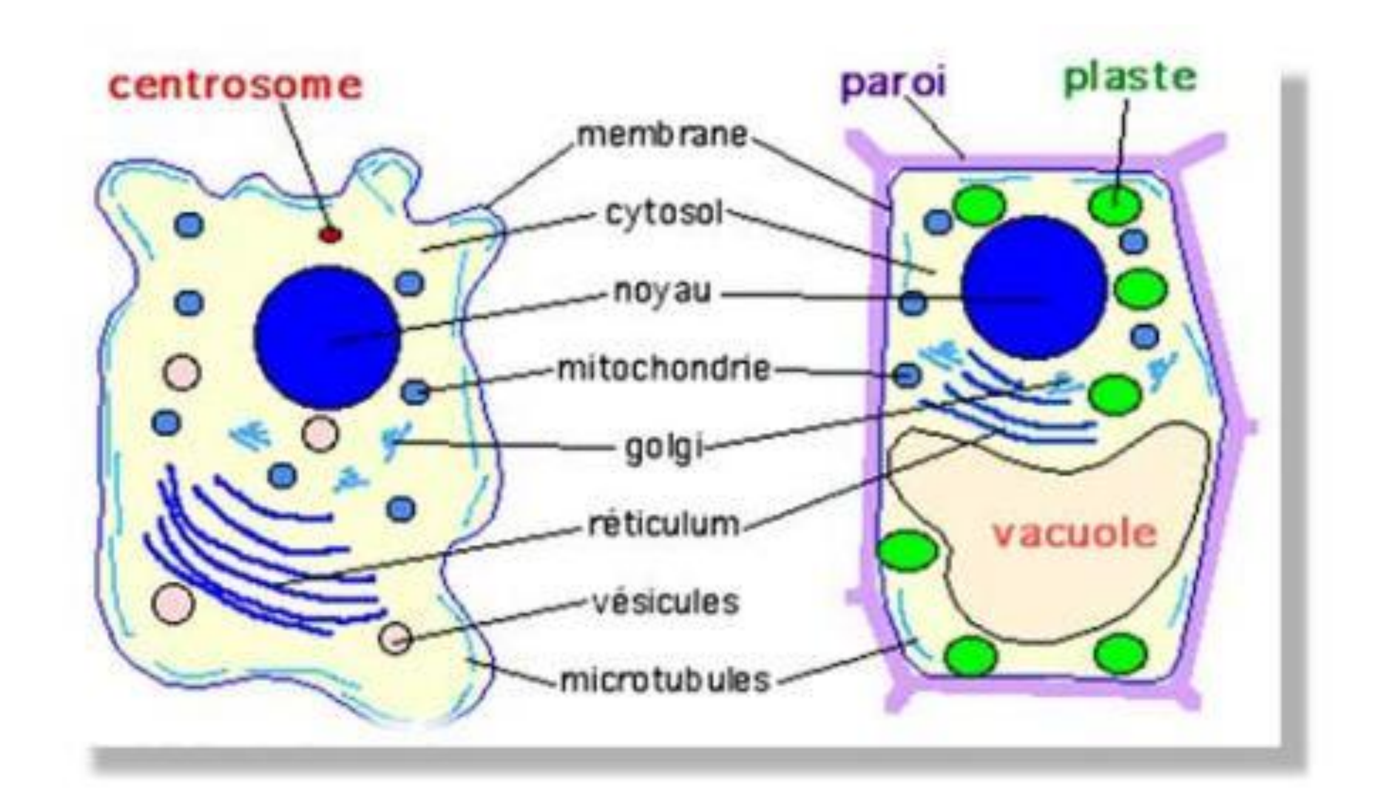
Les substances hormonales agissent sur des cellules spécifiques éloignées de leur lieu de synthèse en stimulant ou en inhibant la croissance.

2- La croissance au nv cellulaire

2-1- caractéristique de la cellule végétale

Unité élèmentaire du tissu végétal, un système hautement complexe avec de très vaste surface d’échanges (énérgie, eau , molécules, ions, etc...)

Comme tout être vivant, elle possède son propre cycle de vie: elle se nourrit, grandit, se divise, se multiplie et meurt.



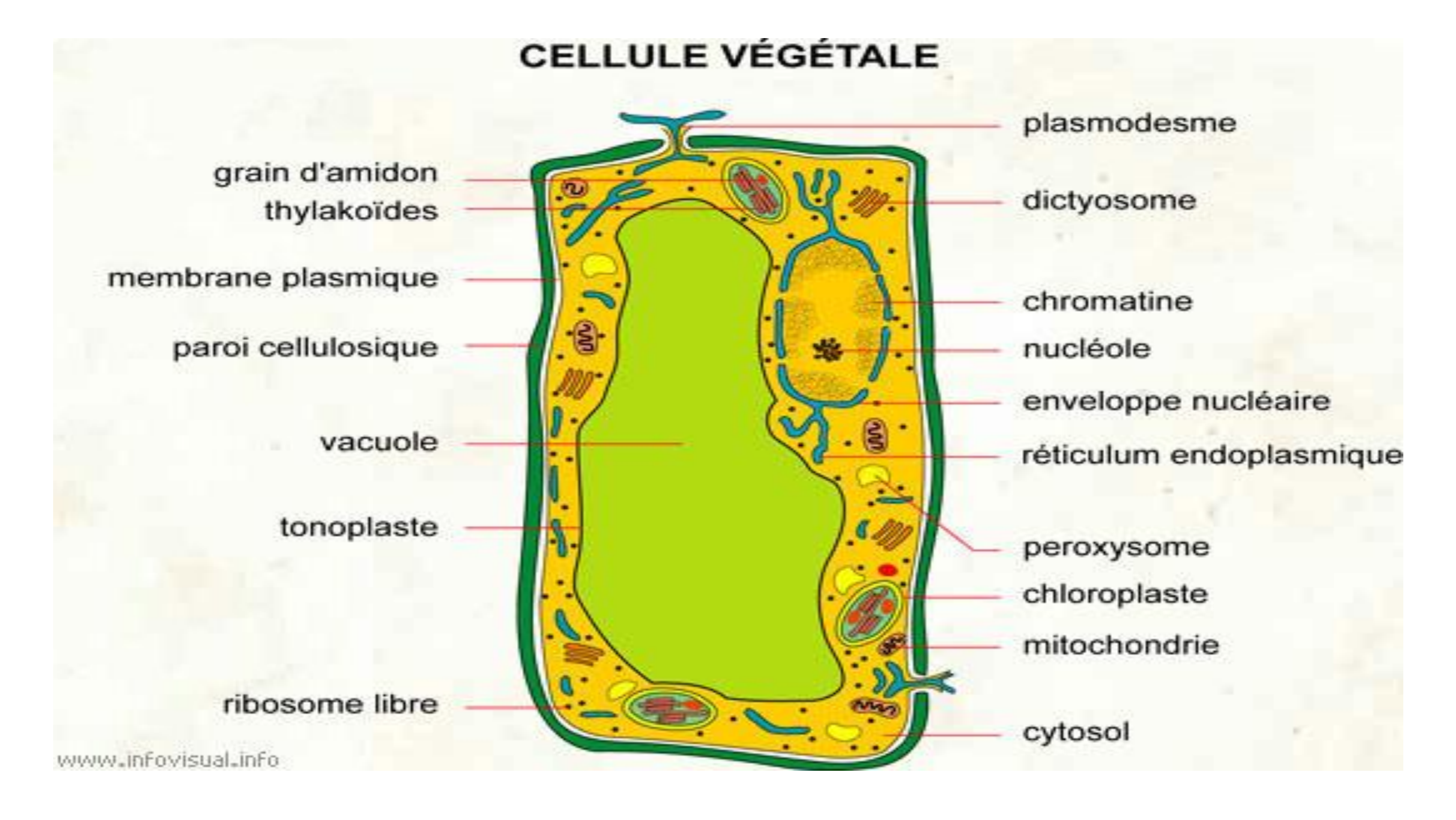
Les éléments communs aux deux colorés en bleu:

(membrane plasmique, noyau, mitochondries, réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, cytosquelette)

Différence:

- C. Animale: centrosome (en rouge),
- C. végétale : **des plastes (en vert), vacuole (en rose)** et **paroi (en violet)** et plasmodesmes .

http://www.infovisual.info/01/001_fr.html



Des plastes (chloroplastes), vacuole , paroi et lasmodesmes ont des implications importantes sur la tructure et le fonctionnement de la plante entière .

http://www.infovisual.info/01/001_fr.html

Ces caractèrestiques lui permettent de vivre tout en étant fixée et tributaire de son environnement :

une grande vacuole : contrôle la turgescence et résistance aux variations de l'environnement, un rôle de détoxification .

Les plasmodesmes: communication avec cellules adjacentes.

Les plastes: organites semi-autonomes (ADN plastidial, synthèse de protéines (ribosomes), chloroplastes et produits de la photosynthèse.

Une paroi squelettique: caractéristiques structurales, échanges intercellulaires, croissance cellulaire.

En se différenciant , les cellules acquièrent différentes formes adaptées à leurs fonctions

2- 2- Grandissement ou élongation Cellulaire

La croissance des cellules est une spécificité des végétaux; s'effectue à l'intérieur d'un cadre rigide, la paroi composée de polymères glucidiques (de la **cellulose** et des **pectines)**

Asurée par 2 composantes:

- Cce par auxésis : agrdismt , élong des C.
- Cce par Méresis : augmentation en Nombre des Cellules

Entrée massive d’eau, petites vacuoles fusionnent et forment une grande vacuole occupant 80 à 90 % du volume cellulaire.

L’augmentation de la pression de turgescence cellulaire associée à la **plasticité pariétale provoque des déformations élastiques et** réversibles au niveau de la paroi.

l’accroissement en longueur est souvent bcp + important (100 – 200 X) que l’accroissement en largeur (2- 5 X) ; c’est plutôt une élongation cellulaire.

Celle-ci ne se traduit par un amincissement , ni étirement de la parois. Plutôt à une synthèse active des polysaccharides et autres molécules constituant la paroi.

- Cet accroissement ne peut s’effectuer qu’au stade paroi primaire.

(TD).

Pour une croissance cellulaire convenable, 4 types d'évènements se Succèdent:

1. accroissement des propriétés d'extensibilité de la paroi

2. entrée d'eau et gonflement de la vacuole, turgescence

3. extension des parois et grandissement de la cellule

4. synthèse de nouveaux éléments qui se déposent au niveau de la parois.

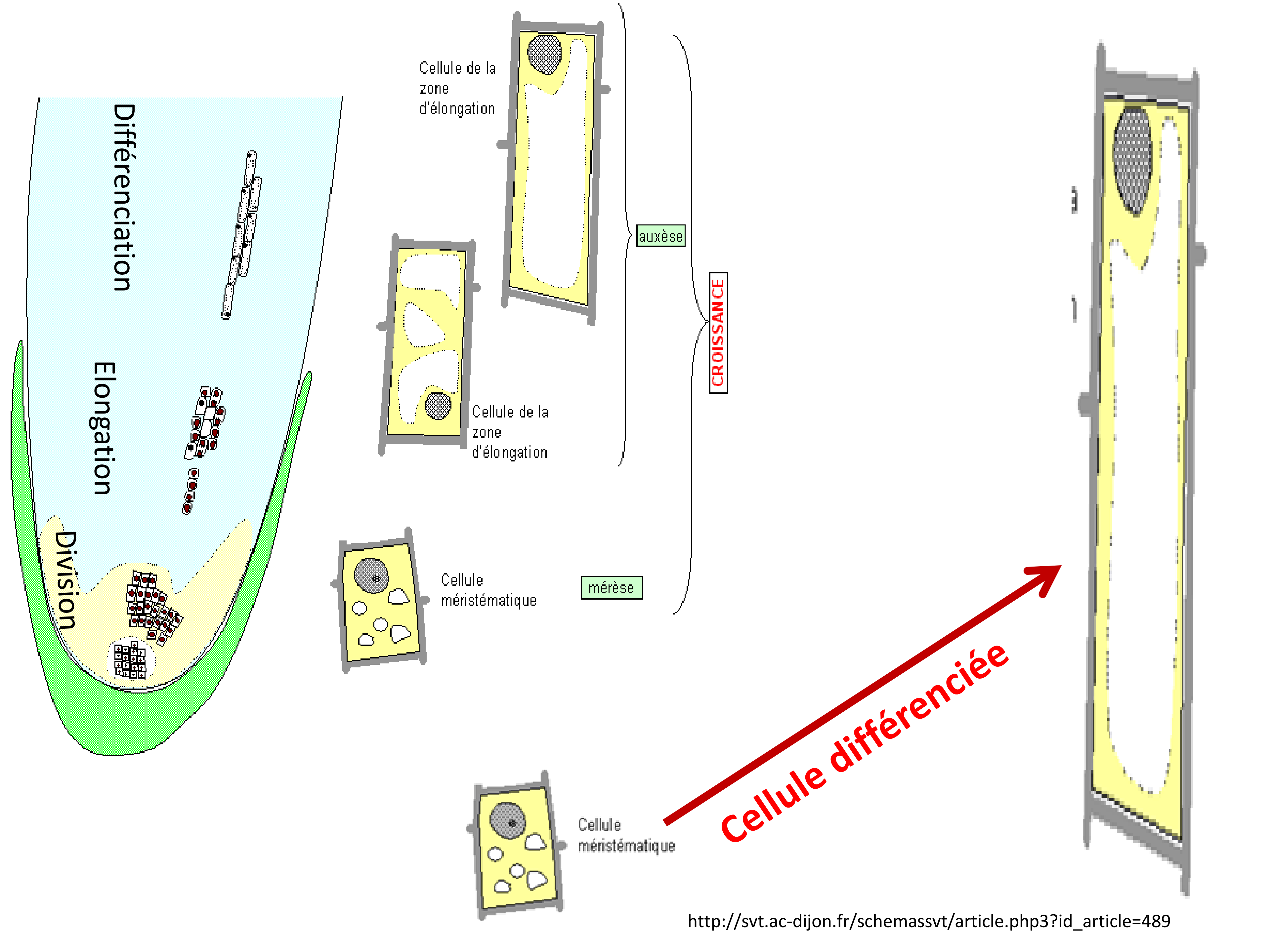
Pour une croissance cellulaire convenable, 4 types d’évènements se Succèdent:

1. accroissement des propriétés d’extensibilité de la paroi

2. entrée d’eau et gonflement de la vacuole, turgescence

3. extension des parois et grandissement de la cellule

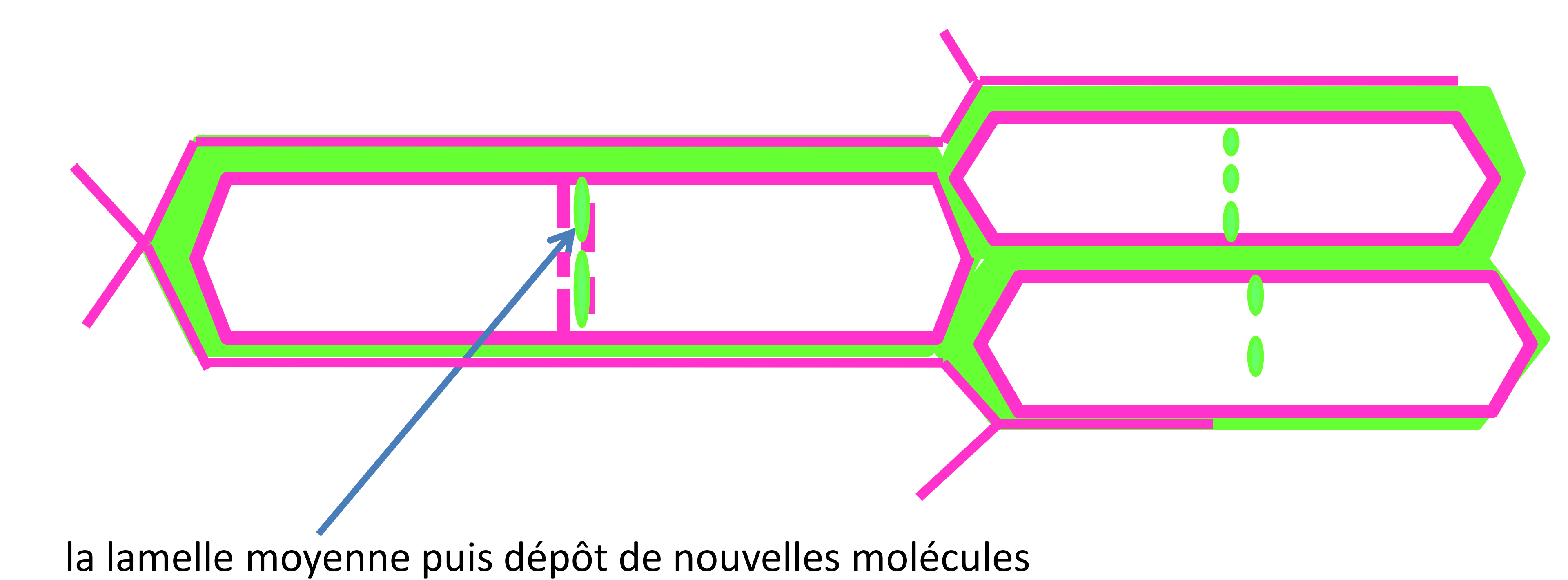
4. synthèse et de nouveaux éléments qui se déposent au niveau de la parois.


Différenciation
Elongation
Division
Cellule de la zone d'élongation
Cellule de la zone d'élongation
auxèse
CROISSANCE
Cellule méristématique
mérèse
Cellule méristématique
Cellule différenciée
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=489

La division cellulaire est obtenue grâce à deux phénom

- 1 Caryokinèse: séparation des noyaux
- 1Cytokinèse : séparation du cytoplasme   2 Cellules f

Après la mitose, les 2 cellules filles doivent produire u
séparation, ça sera la lamelle moyenne:



une paroi sera produite en 3 étapes :

1ère: formation de la lamelle moyenne (pectines:

Des polysaccharides adhésifs (pectine) permettant aux cellules de s'associer en tissu (par fusion des vésicules provenant de l'appareil de Golgi).

2ème: Elaboration de la paroi primaire :

Une matrice molle de nature pectocellulosique à texture dispersée (non ordonnée), composée de six éléments :

- Des fibres de cellulose, d'hémicellulose et de chaînes peptiques
- Un ciment complexe de pectines
- De l'eau *(80 %)*
- Des protéines *(glycoprotéines et enzymes)*
- Des ions
- D'HRGP (protéines riches en hydroxyproline) *qui la rendent moins extensible.*

Le réseau de fibrilles de cellulose est encore lâche, procurant à la paroi une souplesse, une flexibilité et une extensibilité.

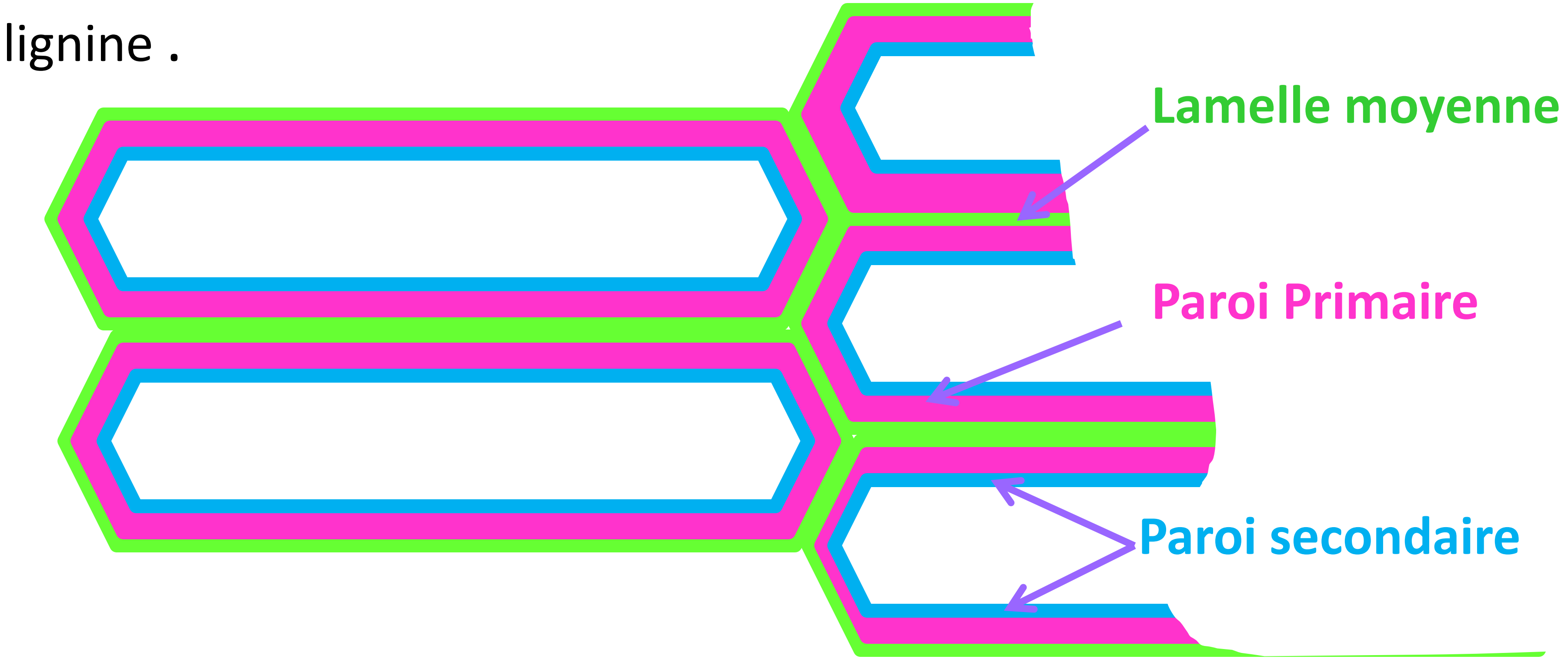
Les nouvelles molécules vont s’y incorporer (sauf au niveau des plasmodesmes) permettant l'agrandissement de la paroi et donc la croissance de la cellule.

A ce stade:

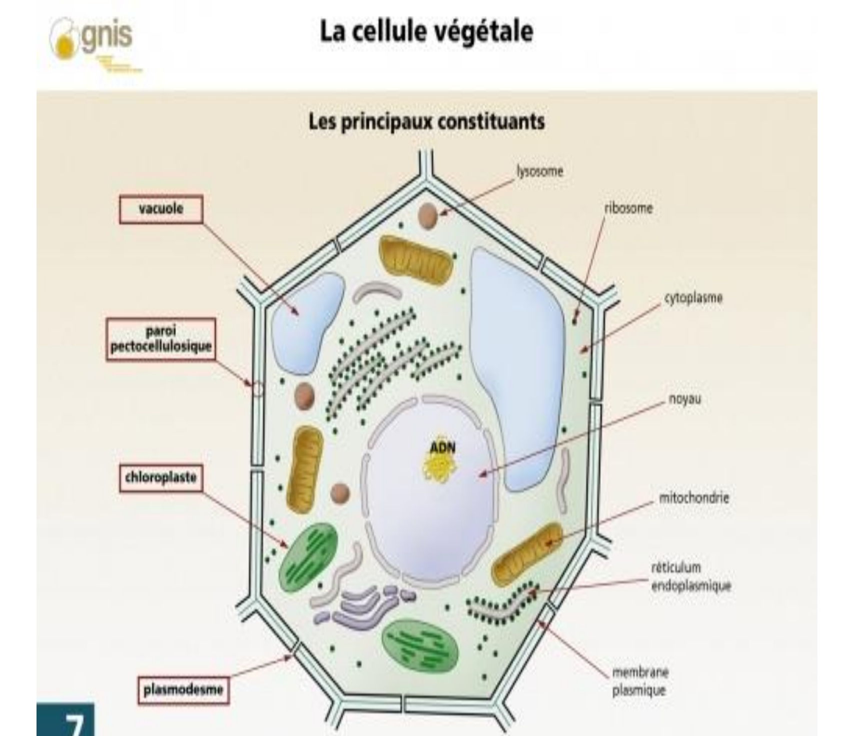
Paroi présente deux spécificités *:*

- Une rigidité de la cellule *(sorte de squelette , bien qu'elle soit relativement souple par rapport à la paroi secondaire)*
- Une plasticité/élasticité autorisant la division cellulaire et la croissance .

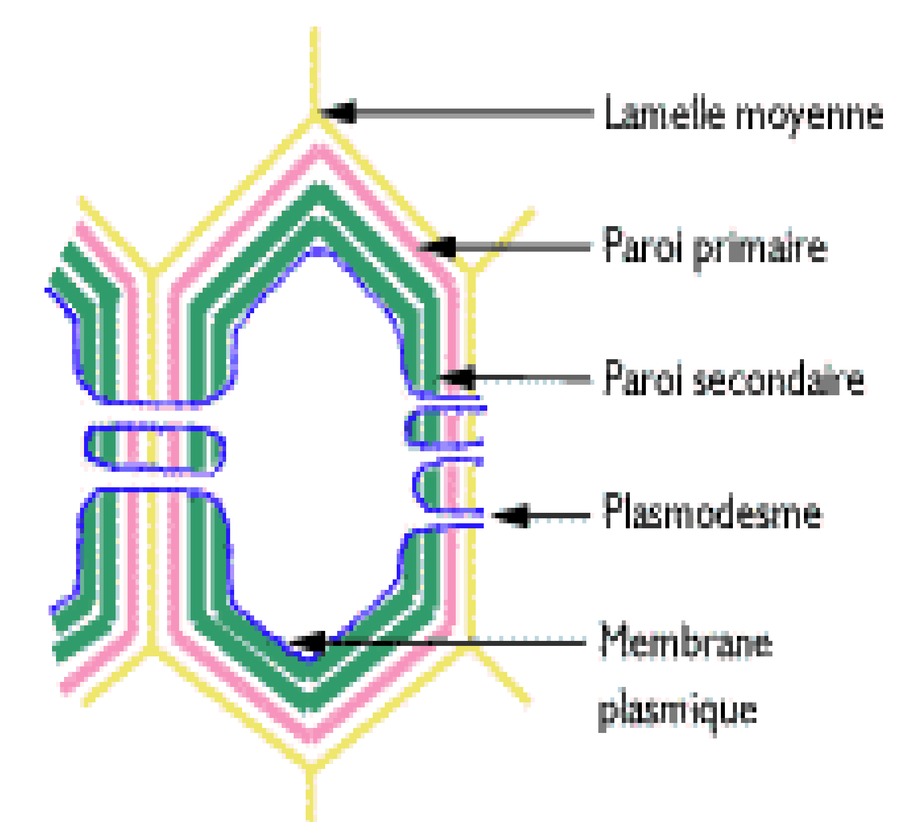
3ème: Une paroi secondaire que la cellule fabriquera par dépôt de couches successives sur la paroi primaire.
Elle sera plus rigide que la paroi primaire et ne permet plus de croissance cellulaire.
Même éléments de la paroi primaire mais imprégnés de lignine .



La lamelle moyenne constitue ainsi une composition adhésive qui permet aux cellules de s’associer en tissu .



Cellule en phase de croissance active encore à paroi primaire

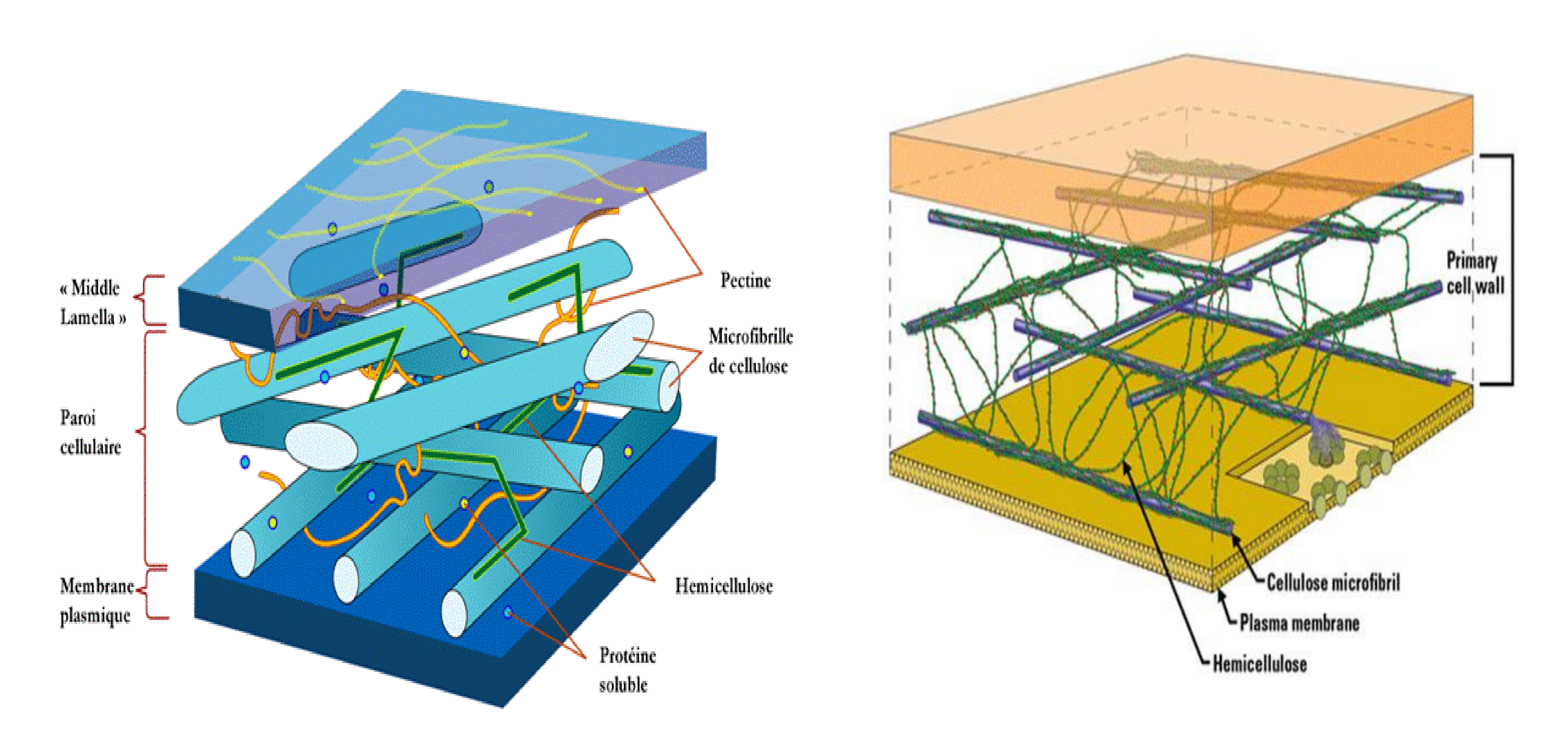


Cellule complètement différenciée, (présence de paroi secondaire)

https://www.google.com/search?q=formation+de+la+paroi+paroi+cellulaire+plant+image&biw=1455&bih=727&tbm=isch

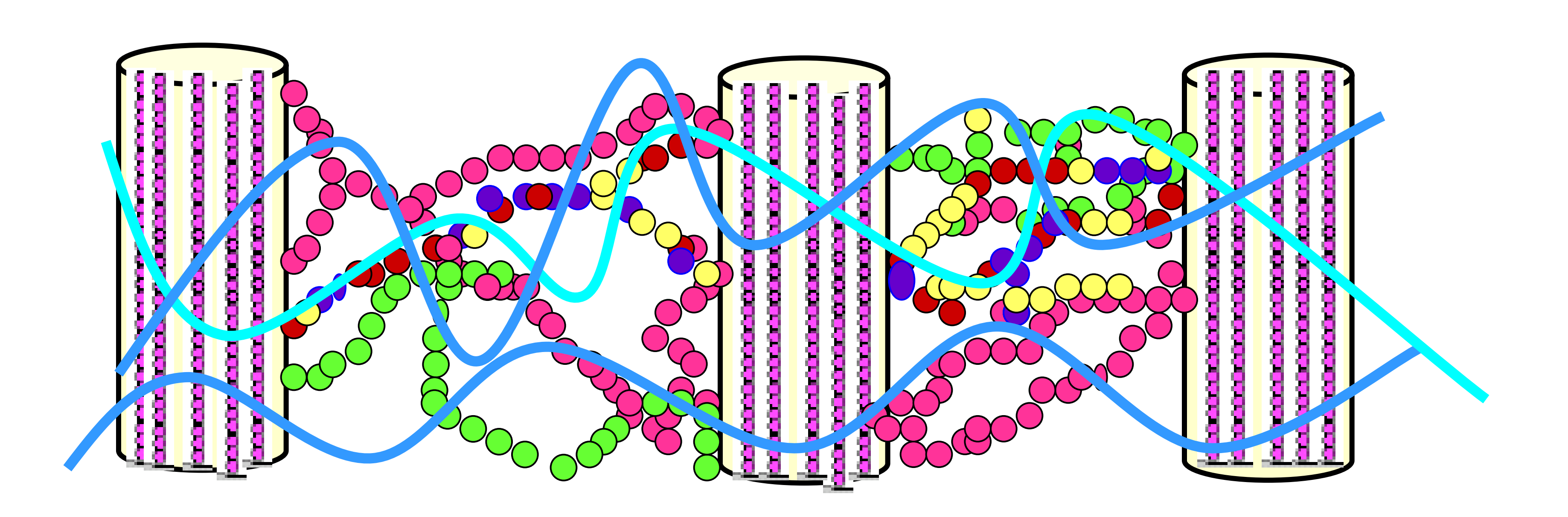
2- 3: Croissance de la paroi végétale

Une armature micro fibrillaire de cellulose et une matrice pâteuse contenant de la pectine, de l'hémicellulose et des protéines solubles.



https://www.google.com/search?q=formation+de+la+paroi+paroi+cellulaire+plant+image&biw=1455&bih=727&tbm=isch

Schéma de l'organisation des différentes composantes de la paroi



- Des molécules de cellulose seule (chaînes de béta glucose) sont associées sous forme de microfibrilles

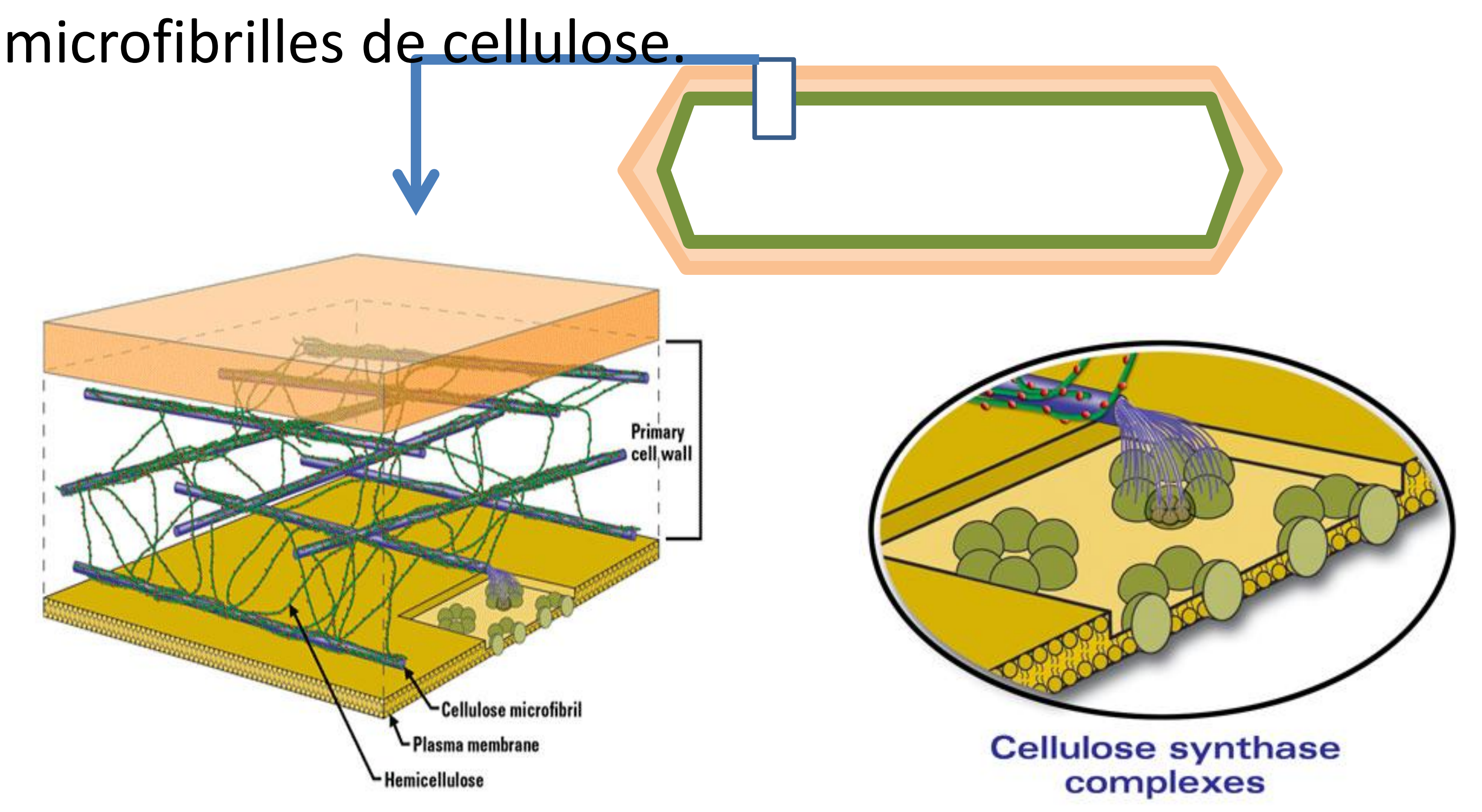
  - Celluloses et hémicelluloses (xyloglucanes) réunis par des liaisons H.

    -Un réseau supplémentaire de pectines augmente la complexité de la matrice.

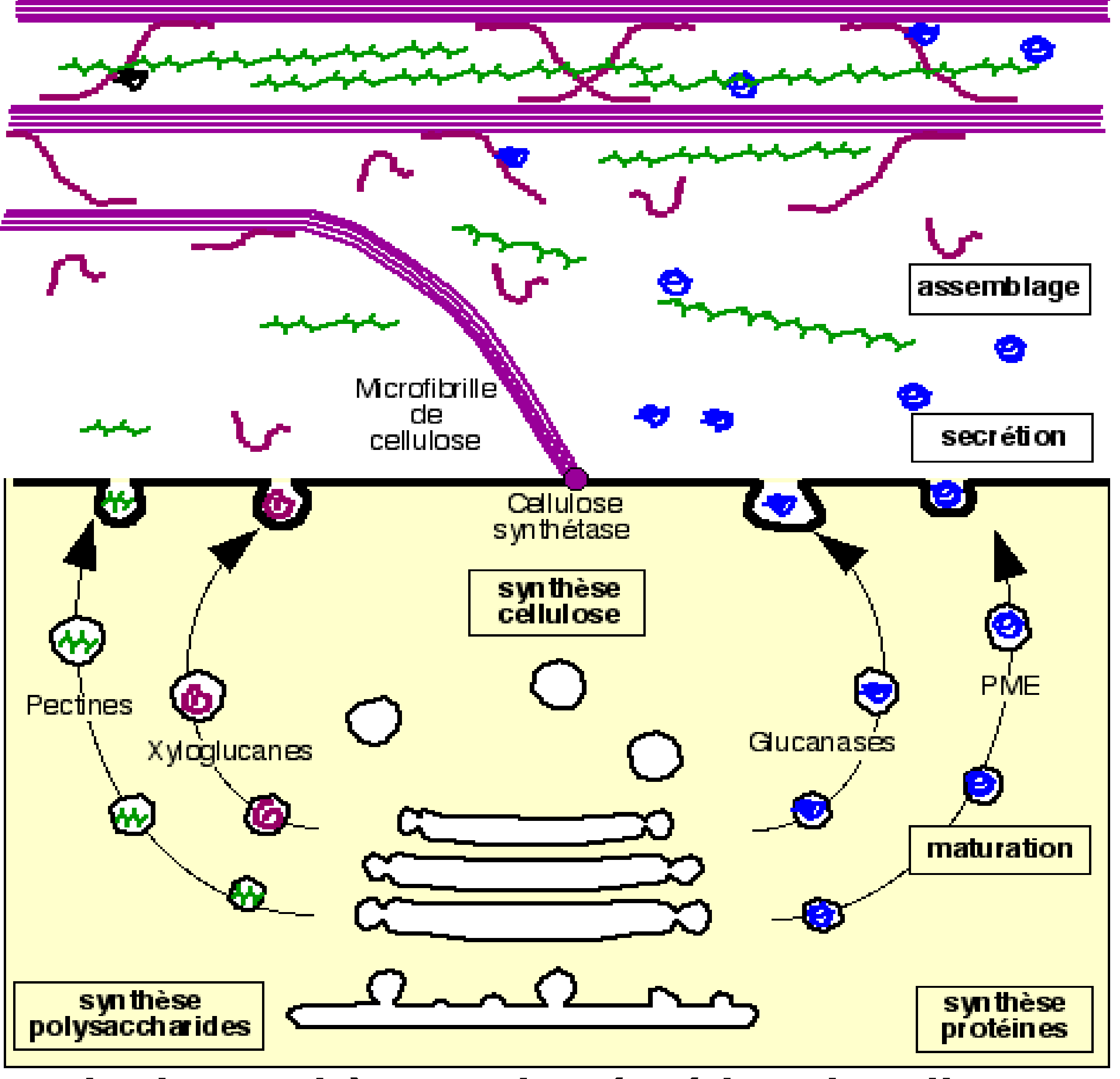
      - En fin de la croissance, le réseau polysaccharidique peut être solidifié par un réseau secondaire de protéines HRGP (Hydroxyproline Rich Glyco Proteins).

Synthèse des constituants de la paroi végétale

La cellulose est fabriquée par des nano-usines moléculaires (des celluloses synthétases) qui migrent à la surface de la cellule (nv membrane plasmique) en laissant derrière elles les microfibrilles de cellulose.



https://www.google.com/search?q=formation+de+la+paroi+paroi+cellulaire+plant+image&biw=1455&bih=727&tbm=isch



Voie de synthèse et de sécrétion des divers constituants de la paroi.

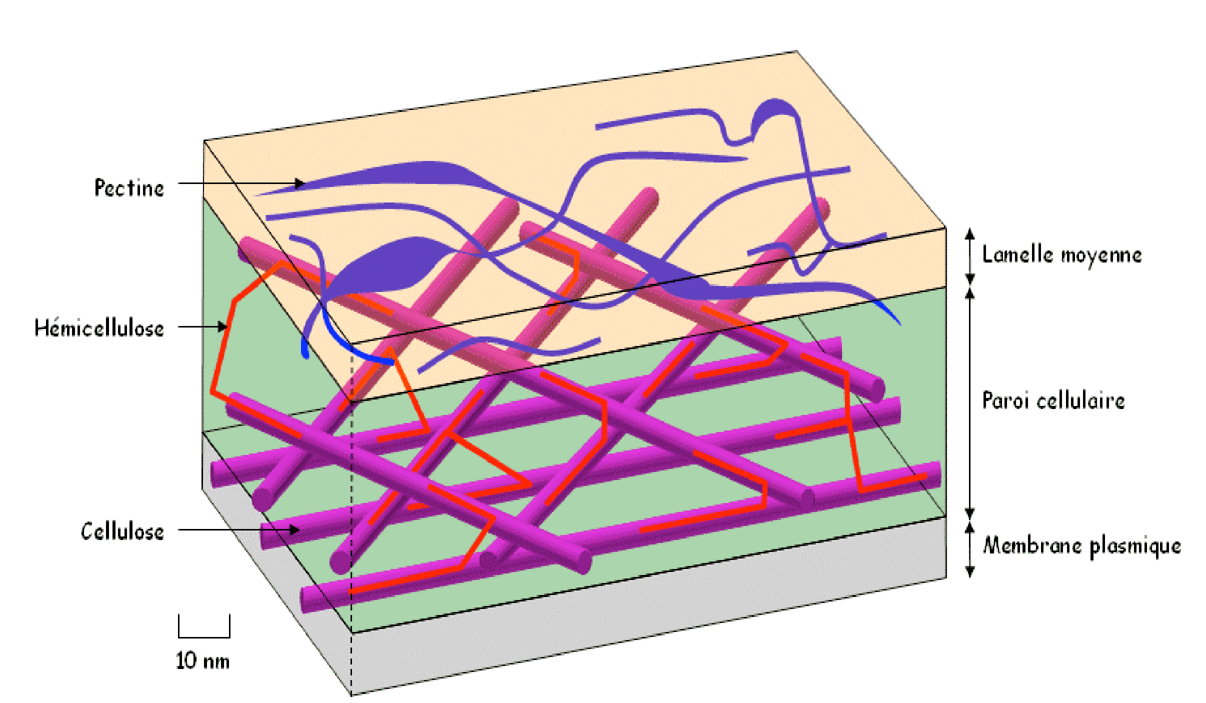
Les µfibrilles synthétisées rejoignent les µfibrilles préexistantes pour s’accumuler selon une architecture dictée par la composition hormonale du milieu

Les pectines et les xyloglucanes synthétisées dans des vésicules golgiennes sont exportés dans l'espace périplasmique par exocytose.
Assurent la cohésion et l'architecture des fibrilles de cellulose.

Les glucanases et les PME (pectines methyl estérases) sont exportés exocytose mais pas par les mêmes vésicules.

https://www.google.com/search?q=formation+de+la+paroi+paroi+cellulaire+plant+image&biw=1455&bih=727&tbm=isch

la cellulose aurait un rôle comparable à celui de l'acier dans le béton armé. les microfibrilles de cellulose renforcent les parois et permettent aux cellules végétales de résister aux pressions extrêmement élevées qui règnent à l'intérieur de la cellule végétale (5X Pression Pneu).



https://www.google.com/search?q=formation+de+la+paroi+paroi+cellulaire+plant+image&biw=1455&bih=727&tbm=isch

Retenons

la plasticité de la paroi et la pression de turgescence sont les deux éléments régulateurs de la croissance.

Ces deux phénomènes sont eux même contrôlés, régulés par d'autres facteurs.

A savoir:

les conditions environnantes

Les phytohormones

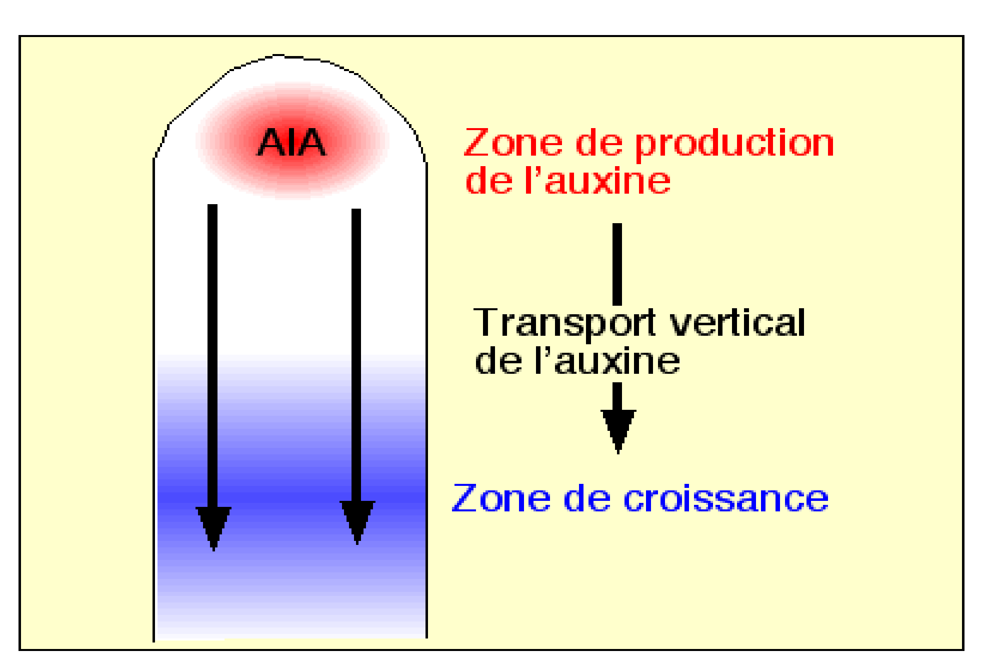
et autres……

II – Auxine et croissance cellulaire

Les hormones contrôlent le taux, l'orientation et l'accroissement des cellules , Cependant les mécanismes par lesquels certaines hormones végétales affectent la forme et la biosynthèse des parois cellulaires sont presque totalement inconnus.

La seule élucidation réalisée récemment concerne le rôle que peut jouer l’AIA dans l’allongement des parois cellulaires.

AIA Synthétisée (coléoptile , bourgeons…) puis Véhiculée vers les tissus cibles (racines, fruits….). La transmission se fait du haut vers le bas avec très peu de diffusion latérale.



L'auxine agit sur les cellules cibles à distance, ne passe pas par les vaisseaux conducteurs de sève, se déplace de cellules en cellules via des protéines de transports.

http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=814

L'élongation cellulaire, un processus complexe, une intervention simultanée de plusieurs facteurs pour contrôler :

- Extensibilité de la paroi, propriété physique d'étirement,
- Régulation de la turgescence; pression exercée par le contenu cellulaire contre la paroi,
- Synthèse de nouvelles fibrilles et de nouveaux composés entre les mailles des fibrilles de cellulose.

Comme la paroi des cellules jeunes immatures présente une certaine élasticité, on assiste rapidement à une rupture entre les fibrilles de cellulose.

La distension se déclenche quand il y'a diminution de la résistance de quelques composants structuraux du système qui connectent les microfibrilles de cellulose. Désorganisation de la paroi, une élongation et donc une croissance des cellules.

c’est L’AUXINE (AIA) qui déclenche ce processus, Mais avec la complicité d’autres phytohormones

Les cellules cibles possèdent des récepteurs sur lesquels l'auxine se fixe et stimule leur élongation selon deux actions différentes:

1- Action à court terme sur la plasticité de la paroi (fragile).

2- Action à plus long terme sur l'expression de gènes (codant pour des protéines intervenant spécifiquement dans l'élongation cellulaire).

1- Action à court terme sur la plasticité de la paroi

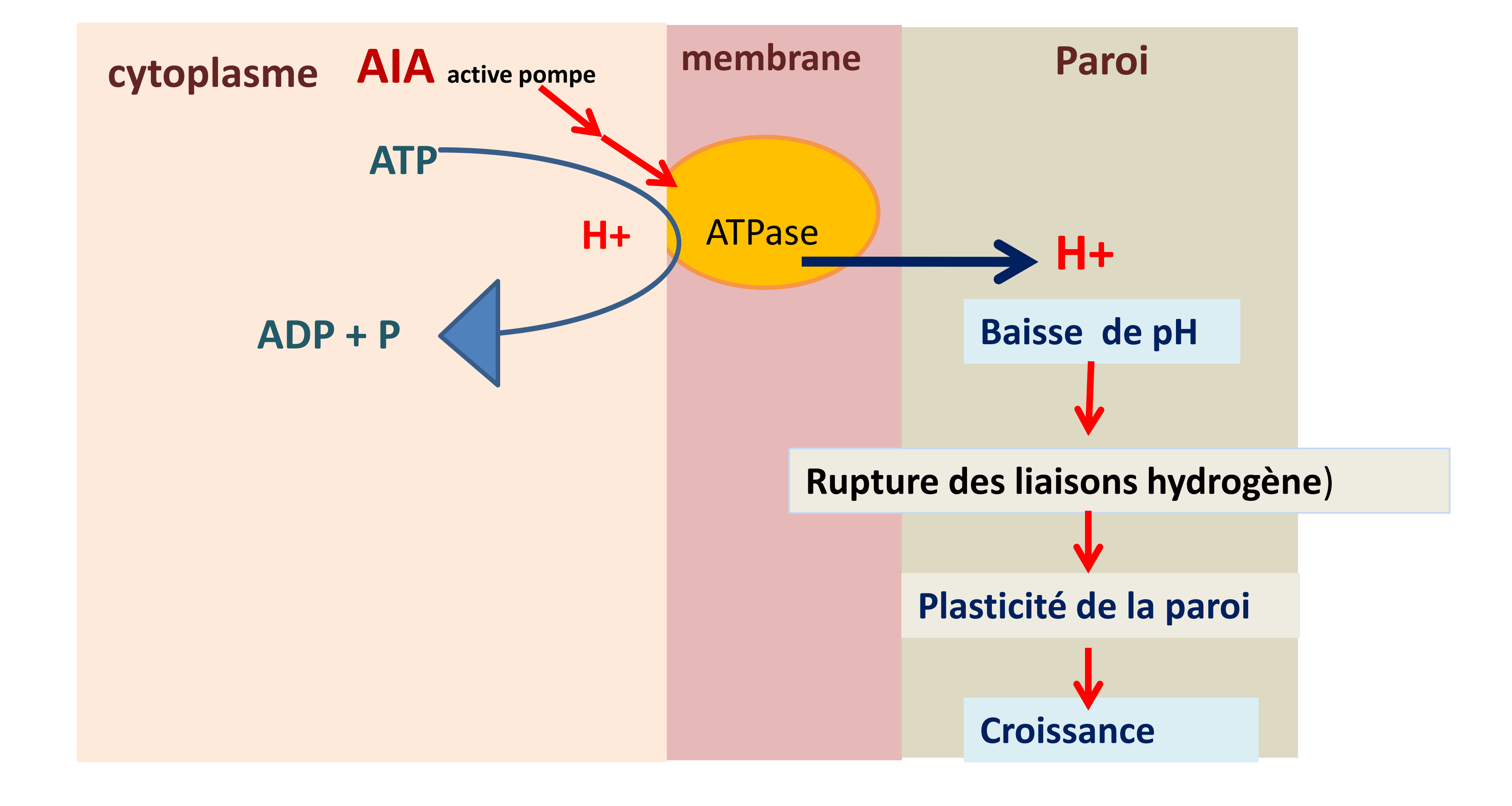
La création d’auxanomètres a permis de montrer que l'auxine avait une action très rapide sur la croissance cellulaire.

L’effet de l’AIA sur l’élongation des cellules du coléoptile a été démontré par les expériences de Cleland (1971);

Des coléoptiles excisés traités par une solution d’auxine exogène s’allongent remarquablement (10-30% par heure).

un temps de latence (15mn) est observé, donc une intervention de composés intermédiaires .

D'autres travaux ont montré que l'action de l'auxine s'accompagnait d'une baisse de pH suite à une sécrétion de protons au niveau d'une ATPase membranaire.



L’ action biochimique de l’auxine sur une ATPase s’accompagne d’un effet positif sur l’expression de gènes

Les pompes expulsent des protons dans le milieu extracellulaire ce qui fait diminuer le pH dans la paroi.

L'acidification de la paroi active 2 classes d'enzymes:

- **les α-expansines** coupent les liaisons hydrogènes entre la cellulose et les chaînes d'hémicellulose, relâchement de l'armature.

- **les endo-xyloglucanes transférases (EXT)** catalysent la rupture des protéines de xyloglucanes et le transfert des fragments constitués vers une autre molécule de xyloglucane.

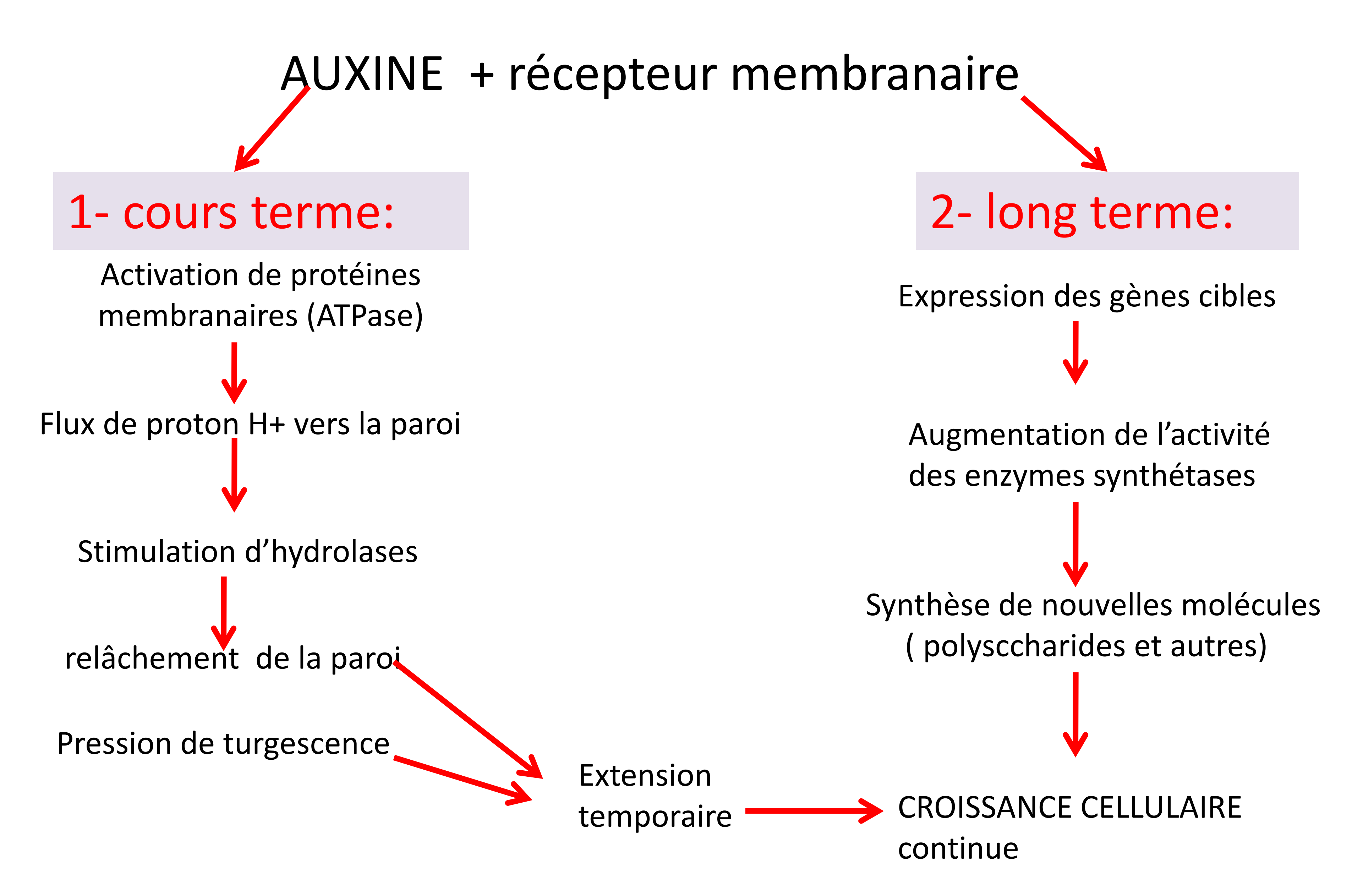
On assiste à une augmentation de la distance potentielle, la « liberté ». La pression de turgescence sera le moteur d'énergie pour déplacer les fibres.

Ce glissement relatif entre microfibrilles permet l'allongement de la paroi.

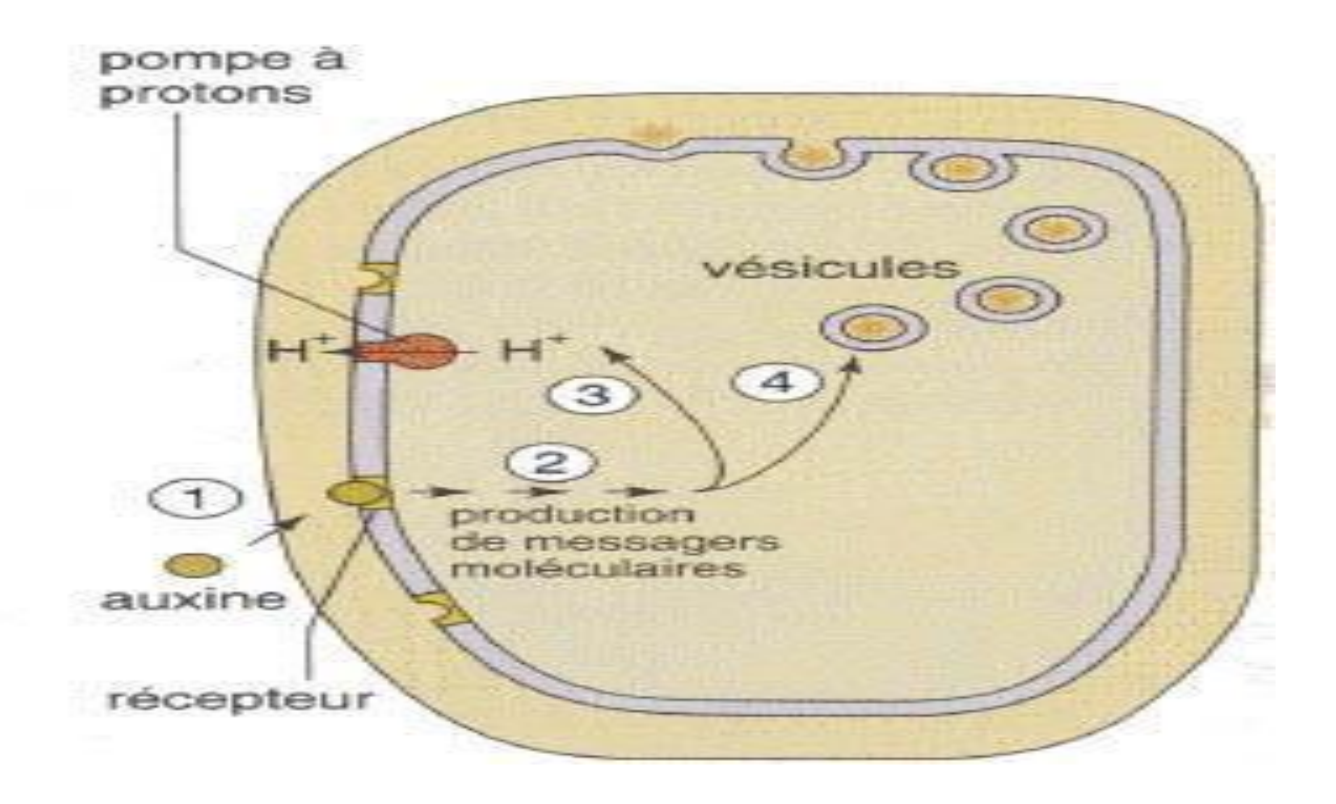
L'efflux des protons favorise l'entrée d'ions K+ induisant une pénétration d'eau, d'où une augmentation de la pression de turgescence. La cellule peut alors « s'étirer ».

A côté, la cellulose synthase procède à la reconstruction de la cellulose.

2- Action à plus long terme sur l'expression de gènes

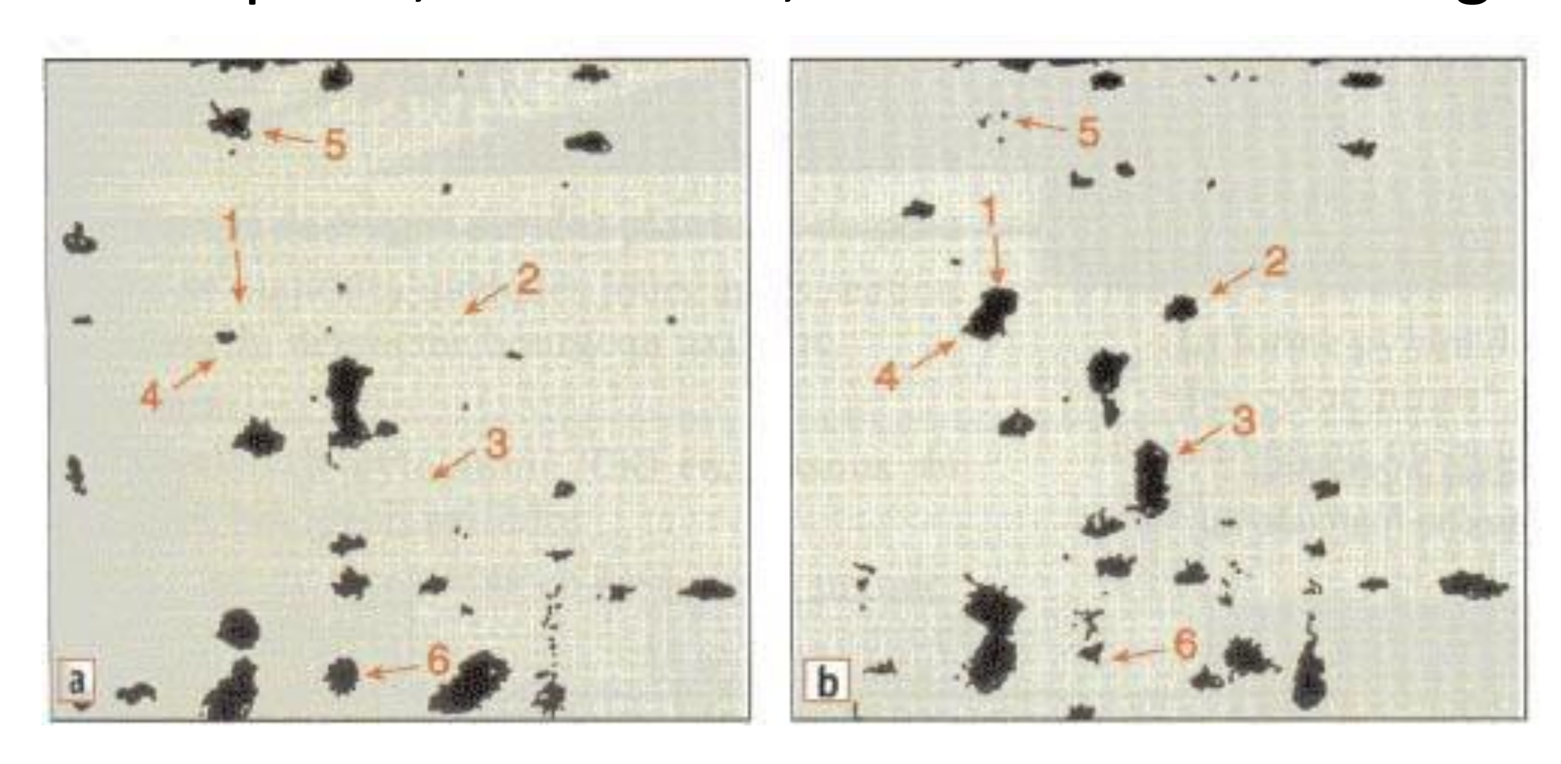


L’auxine est une phytohormone produite à très faible dose et agit après transport sur une cellule cible. La membrane de la cellule cible contient des récepteurs hormonaux



http://tpe-auxine.e-monsite.com/pages/l-auxine-une-phytohormone.html

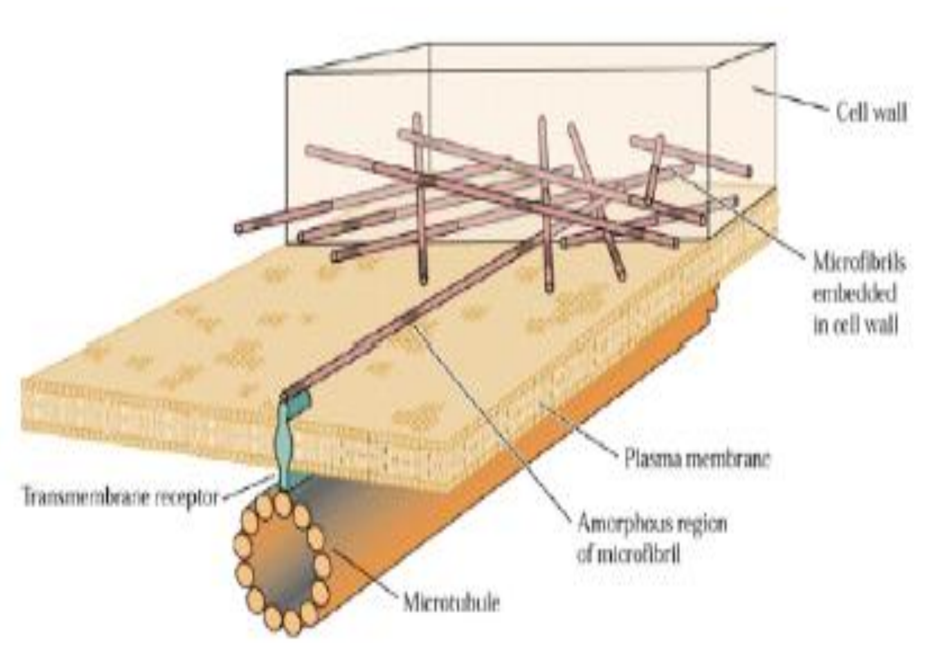
L'auxine active certains gènes, provoque leur transcription, mais aussi, elle inhibe d'autres gènes.

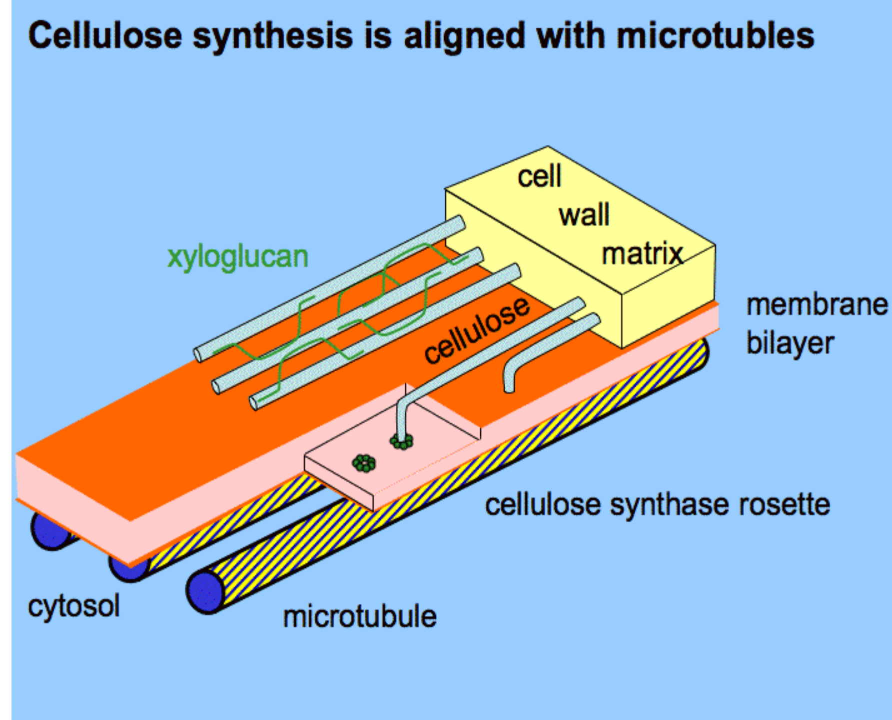


Profil protéique des tissus d'une plante traitée (b) ou non (a) par l'auxine. 0n observe l'apparition ou la disparition de polypeptides.

http://tpe-auxine.e-monsite.com/pages/l-auxine-une-phytohormone.html

- La cellulose est synthétisée dans la membrane plasmique. L'orientation de sa synthèse est guidée par des microtubules corticaux situés juste en dessous de la membrane plasmique.
- L'auxine active la synthèse des enzymes comme la cellulose synthase en quelques heures, mais aussi joue un rôle sur l'orientation des microtubules.





http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p210/4_la_paroi.pdf

Sous l’effet de certaine phytohormones, les µtubules contrôlent et guident les complexes contenant les celluloses synthases qui excrètent les µfibrilles .

Chez A. thalina, Heisler et al. (2010) ont montré l’existence de corrélation positive entre la localisation des PIN1 (transporteurs d’auxine) et l’orientation des microtubules.

Selon la nature des phytohormones (éthylène ou acide gibbérellique), on assiste à une réorganisation des microfibrilles dans la paroi en formation . Elles se déposent dans différentes directions, ce qui va permettre le contrôle de la direction de la croissance

